

6-1-2015

МЕТОД ПОДБОРА ГРАВИЙНО- ПЕСЧАННОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

А. Абиров

Научно- исследовательский институт ирригации и водных проблем при ТИИМ

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/tiame>

Recommended Citation

Абиров, А. (2015) "МЕТОД ПОДБОРА ГРАВИЙНО- ПЕСЧАННОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА," *Irrigation and Melioration*: Vol. 2015 : Iss. 2 , Article 4.
Available at: <https://uzjournals.edu.uz/tiame/vol2015/iss2/4>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Irrigation and Melioration by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

МЕТОД ПОДБОРА ГРАВИЙНО-ПЕСЧАННОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Абиров А., зав. лаб. КДС, к.т.н., Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при ТИИМ

Аннотация

Қум-шағалли филтър тик дренажнинг сув қабул қилиш қисмининг энг асосий элементи ҳисобланади ва қудуқнинг барқарор, чидамли ишлашида асосий ўрин тутди. Табиий йўл билан текшириш натижасида тик дренаж қудуқларида ҳар хил типдаги филтърлар фойдали иш коефициенти ўрганилди. Тик дренажларга қум-шағалли филтърлар бўйича асосий талаблар баён қилинди. Қум-шағалли филтърларнинг асосий талабларидан келиб чиққан ҳолда, тик дренажларга қум-шағалли филтърларни, дренажнинг кўп йиллик барқарор ишлашини таъминлаш мақсадида танлаб олиш йўли билан қўллаш таклиф қилинди.

Abstract

Gravel-sand filter (dust) depends on stable and reliable continuous vertical drainage wells water intake is the most important element. Entrepreneurial activity in a variety of filters factor for vertical drainage wells and filters the results of the research, the basic requirements for vertical drainage gravel-sand filter. Vertical drainage gravel and sand filter based on the basic requirements for sustainable long-term drainage gravel and sand filter is provided a method of choice.

Аннотация

Гравийно-песчаный фильтр (обсыпка) является самым ответственным элементом водоприемной части вертикального дренажа, от которого зависит бесперебойная, устойчивая и надежная работа скважин. Изучен по результатам натурных исследований различных типов фильтров в скважинах вертикального дренажа коэффициент полезной работы фильтров. Изложены основные требования к гравийно-песчаным фильтрам вертикального дренажа. Исходя из основных требований, предъявляемых к гравийно-песчаным фильтрам вертикального дренажа предложен метод подбора гравийно-песчаного фильтра, который позволит обеспечить стабильную долговременную работу дренажа.

Общие положения

Опыт эксплуатации системы вертикального дренажа на больших орошаемых массивах в Узбекистане показывает, что мелиоративная эффективность вертикального дренажа во многом зависит от качества подбора гравийно-песчаного фильтра и выбора оптимальных параметров водоприемной части скважины. Так, на тех массивах орошения, где допущено нарушение подбора состава фильтровой обсыпки и выбора оптимальных параметров конструкции скважины, наблюдается низкий коэффициент полезной работы дренажа и низкая мелиоративная эффективность. В связи с этим разработка рекомендации по оптимальному подбору и расчету параметров конструкции водоприемной части скважины является актуальной задачей мелиорации земель.

Самым ответственным элементом водоприемной части вертикального дренажа, является гравийно-песчаный фильтр, искусственно создаваемый на забое скважины. Рационально подобранный состав гравийно-песчаного фильтра должен:

- Обеспечивать максимальный водозабор при минимальных водных сопротивлениях в прифильтровой зоне;
- Предотвратить длительную суффозию грунта водоносного пласта и, тем самым, сохранить устойчивость устья и улучшить условия работы насосно-силового оборудования;
- Обеспечить долговременную и бесперебойную работу вертикального дренажа.

По результатам исследований САНИИРИ работоспособности скважин вертикального дренажа, оборудованных различными типами фильтров установлено, что гравийно-песчаные фильтры обладают максимальным коэффициентом полезной работы (КПДФ), который характеризуется зависимостью:

$$КПД\Phi_{\phi} = \left(1 - \frac{\Delta S}{S}\right) \quad (1)$$

где ΔS - разность уровня воды в скважине и за стенкой фильтра, при откачках, м;

S – понижение уровня воды в скважине при откачках, м.

Исследования эффективности различных типов и конструкций скважин вертикального дренажа построенных на орошаемых землях Сырдарьинского и Джизакского вилоята показали, что самый высокий коэффициент полезной работы фильтра наблюдается при использовании фильтрового каркаса со скважностью 15 % с фильтром окатанной речной гравийно-песчаной обсыпкой. Ниже приводятся расчеты КПДФ различных типов фильтров для скважин вертикального дренажа.

Основные требования, предъявляемые к гравийно-песчаным фильтрам вертикального дренажа.

Основным требованием к фильтровой обсыпке является обеспечение её достаточной водопроницаемости и предупреждение механической суффозии по контакту с каптируемым пластом. Главнейшим критерием удовлетворительной работы фильтровой обсыпки высокодебитных скважин вертикального дренажа является сохранение ими постоянства расчетного проектного значения водопрпускной способности.

Исходя, из выше изложенного гравийно-песчаная обсыпка для вертикального дренажа должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Водопроницаемость гравийно-песчаной обсыпки должна быть значительно больше таковой грунта водоносного пласта.

2. Гравийно-песчаная обсыпка должна предотвращать механическую суффозию грунта водоносного пласта и не должна сама кольматироваться, т.е. размеры её пор должны свободно пропускать через себя «допустимое» (10-15 %) количество мелких частиц грунта каптируемого пласта (только в период формирования фильтра).

3. Фракционный состав гравийно-песчаной обсыпки должен обладать достаточной механической и химической прочностью и иметь

Таблица 1.

Типы фильтров и КПДФ

| № | Типы фильтров | КПДФ |
|---|--|------------|
| 1 | Щелевой каркас с окатанной речной гравийно-песчаной обсыпкой со скоростью 15 % | -0,77 0,90 |
| 2 | То же со смесью гравия с угловатыми карьерными песками | -0,65 0,75 |
| 3 | Гравийно-сетчатый | -0,40 0,65 |
| 4 | Дырчатый с проволочной обмоткой с гравийно-песчаной обсыпкой | -0,32 0,42 |
| 5 | Кожухово-гравийный | -0,42 0,61 |
| 6 | Пластмассовый щелевой из волокнита | -0,19 0,23 |
| 7 | Блочно-керамические и пористые с гравийно-песчаной обсыпкой | -0,12 0,39 |

минимальные входные сопротивления при расчетных дебитах скважины.

При выборе параметров гравийно-песчаной обсыпки гранулометрический состав водоносного горизонта является определяющим фактором. Следует учитывать как крупность и неоднородность породы, так и её суффозионную устойчивость.

Проектирование гравийно-песчанного фильтра для высокодебитных скважин вертикального дренажа.

За рубежом, где развито орошаемое земледелие (Индия, США) [1] в основу принципа проектирования фильтровой части вертикального дренажа ставят минимизацию потерь напора потока воды через водоприемную часть. Потери напора в водоприемной части в основном, определяются составом гравийно-песчанного фильтра и эффективно-го диаметра дренажа.

Такого же мнения придерживаются ученые из Американского общества сельскохозяйственных инженеров [2]. По их мнению гравийный фильтр для вертикального дренажа считается хорошо сортированным, когда в нем существует представительность частиц всех размеров, от самых допустимо больших

до самых допустимо маленьких. По данным этих же авторов правильность подбора состава обсыпки проверяется коэффициентом кривизны, описывающего уклоны и форму кривой градации. Ими предлагается величина этого коэффициента для гравийных фильтров закрытого горизонтального дренажа в пределах $C_c = 1 \div 3$. прямое перенесение значения этого коэффициента при подборе состава обсыпки для вертикального дренажа приводит к образованию мелкопористого фильтра, что увеличивает потери напора и связанные с ним энергетические затраты на подъем воды.

Поэтому, учитывая достижения в этой области, нами по результатам исследований устойчивой работоспособности дренажных скважин в Голодной степи, разработан метод подбора состава гравийно-песчаного фильтра.

Оценка суффозионной устойчивости дренируемой водоносной породы

Для определения суффозионной устойчивости дренируемых грунтов наиболее приемлемым способом является метод В.Н. Кондратьева [3]. Этот метод основан на представлении водоносного грунта, в виде двухфракционной модели, состоящей из «скелета» и заполнителя. Для оценки суффозионной устойчивости в начале для грунта водоносного пласта в полулогарифмической шкале строится дифференциальная кривая гранулометрического состава (рис. 1). Если эта кривая имеет разрывы или прогибы в содержании отдельных фракций, то водоносная порода является суффозионной.

Далее следует построить интегральные кривые «скелета» и заполнителя, определить средний диаметр частиц заполнителя, а затем рассчитать пористость и гидравлический эквивалент пор «скелета».

Достаточное условие возникновения механической суффозии в породе по данным исследования устойчивой работы скважин определяется неравенством:

$$\frac{D_o^{CK}}{d_{c,r}} \geq 2 \div 3 \quad (2)$$

где $d_{c,r}$ - диаметр свободнообразующих частиц грунта водоносного пласта (заполни-

теля).

При известном коэффициенте неоднородности «заполнителя» (который находится по интегральной кривой заполнителя $\eta_3 = \frac{d_{60}}{d_{10}}$)

см. рисунок 1, определяется процентное соотношение свободнообразующих частиц ($P_{c,b} \%$) и с помощью интегральной кривой породы (заполнителя) - $d_{c,r}$.

В гидротехнической практике принято [4, 5], что устойчивые сводики образуются в том случае, когда диаметр пор фильтра «скелета» превышает диаметр свободнообразующих частиц не более чем в 1,8 раз.

Натурные исследования работоспособности водоприемной части высокодебитных скважин вертикального дренажа показали, что при значении $D_o^{CK} \leq (2 \div 3) \cdot d_{c,r}$ устойчивую и надежную работу фильтра.

Если условие (2) подтверждается, то грунт считается суффозионным и проектирование фракционного состава гравийно-песчаной обсыпки для вертикального дренажа производится в следующей последовательности.

$$D_{17} = \frac{1}{0,182 \cdot \sqrt[6]{\eta_\phi}} \cdot \frac{1 - m_\phi}{m_\phi} \cdot d_{c,r} \quad (3)$$

Здесь коэффициент 0,182 в знаменателе формулы получен из зависимости (2) вместо 0,256 в формуле ВНИИГа следующим образом:

$$d_{c,r} = (0,5 - 0,33) \cdot D_0 \approx 0,4 \cdot D_0 \quad (4)$$

где D_0 – средний расчет диаметра, фильтрационных пор гравийно-песчанного грунта в мм, определяется по формуле М.П. Павича:

$$D_0 = C \cdot \frac{m}{1 - m} \cdot D_{17} \quad (5)$$

где C – безразмерный коэффициент, который определяется по формуле:

$$C = 0,455 \sqrt[6]{\eta} \quad (6)$$

Подставляя значения D_0 и C в формулу (4) получим:

$$d_{c,r} = 0,4 \cdot 0,455 \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{m}{1 - m} D_{17} =$$

$$= 0,182 \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{m}{1-m} \cdot D_{17} \quad (7)$$

где η_r - коэффициент неоднородности грунта;

m - пористость грунта в долях единицы;

D_{17} - диаметр частиц грунта или гравийно-песчанной обсыпки, соответствующий 17% содержанию в её составе, мм.

При этом допустимая пористость m_ϕ принимается в зависимости от η_ϕ рисунок 1. Коэффициент неоднородности проектируемой гравийно-песчанной обсыпки (η_ϕ) по данным строительства опытно-эксплуатационных скважин вертикального дренажа с последующим исследованием их работоспособности в натурных условиях назначается в пределах - 4-8. Меньшее значение коэффициента неоднородности рекомендуется при подборе состава обсыпки для скважин вертикального дренажа, закладываемых в тонко и мелкозернистых водоносных грунтах, а большее - в средне и крупнозернистых.

Далее определяется минимальный диаметр частиц обсыпки по зависимости М.П. Павичича:

$$D_{\min} = \frac{D_{17}}{1 + (0,1 \cdot P_{17})^x \cdot \frac{\eta_\phi - 1}{5\eta_\phi}} \quad (8)$$

где X - показатель степени, определяется по формуле:

$$x = 1 + 1,28 \lg \eta_\phi \quad (9)$$

Или же при $\eta_\phi = 4 \div 8$; $x = 1,77 \div 2,15$

Диаметр частиц обсыпки соответствующий 10 % содержанию определяется:

$$D_{10} = D_{\min} + (0,1 \cdot P_{10})^x \cdot D_{\min} \cdot \frac{\eta_\phi - 1}{5\eta_\phi} \quad (10)$$

Далее по зависимости $\eta_\phi = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ определяется диаметр частиц обсыпки, соответствующей 60% содержанию в её составе $D_{60} = D_{10} \cdot \eta_\phi$

Фракционный состав гравийно-песчанной обсыпки считается удовлетворительно подобранным, когда в её составе имеется представительство частиц всех размеров. Логарифмическая кривая гранулометрического

состава гравийно-песчанной обсыпки должна быть плавной и одновершинной. Коэффициент кривизны гравийно-песчанной обсыпки для вертикального дренажа по данным исследований авторов изменяется в пределах 0,75 - 1,25.

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = 0,75 \div 1,25 \quad (11)$$

Находим по зависимости (11) диаметр частиц обсыпки соответствующий 30% содержанию в её составе

$$D_{30} = \sqrt{(0,75 - 1,25) \cdot D_{10} \cdot D_{60}} \quad (12)$$

Междуслойные коэффициенты при проектировании скважин в тонко и мелкозернистых водоносных грунтах должны удовлетворять условию:

$$C_M = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 15 \div 20 \quad (13)$$

В мелко и среднезернистых грунтах:

$$C_M = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 20 \div 25 \quad (14)$$

В средне и крупнозернистых грунтах:

$$C_M = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 25 \div 35 \quad (15)$$

Далее согласно зависимостей (13), (14), (15) определяется диаметр частиц обсыпки, соответствующей 50% содержанию в её составе

$$D_{50} = C_M \cdot d_{50} \quad (16)$$

Верхний предел значения диаметров частиц гравийно-песчанной обсыпки по опыту строительства вертикального дренажа, а также технологии изготовления фильтрового материала, принимается 10, 20, 30 мм соответственно, для тонко, мелкозернистых, мелко среднезернистых и средне крупнозернистых грунтов водоносного пласта.

Таким образом, зная значения диаметров части D_{\min} , D_{10} , D_{17} , D_{30} , D_{50} , D_{60} и верхний предел гравийно-песчанной обсыпки проводим расчетную кривую подбираемого фильтра на полулогарифмической шкале.

Примеры расчета состава гравийно-песчанной фильтра для различных грунтов каптируемого водоносного пласта приведены

в таблице № 2.

Если водоносный грунт несугфозионный, тогда при проектировании фильтровой обсыпки за расчетный диаметр частиц грунта водоносного пласта принимается тот диаметр частиц, который определяется по интегральной кривой неразделенного на «скелет» и заполнитель грунта водоносного пласта. Дальнейший ход расчета гранулометрического состава гравийно-песчаной обсыпки для несугфозионных пород осуществляется таким же способом как для сугфозионных пород.

На основании строительства многочислен-

ных опытных высокодебитных скважин в различных литологических строениях водоносного грунта Голодной степи и последующие исследования их работоспособности в период эксплуатации, при которых наблюдается устойчивая без пескования работа вертикального дренажа, а так же изучения закономерности формирования гравийного фильтра на физических моделях, нами рекомендуется график допустимой области подбора оптимального состава гравийно-песчаного фильтра для различных грунтов каптируемого водоносного пласта (рис. 1).

Таблица 2.

Расчет состава гравийно-песчаной обсыпки вертикального дренажа для различных литологических условий объекта

I. Характеристика грунта водоносного пласта

| Номер скважины | Содержание фракций, %: диаметр, мм. | | | | | | | | | Диаметр характерных частиц грунта | | | | |
|----------------|-------------------------------------|-------|-------|---------|----------|----------|-----------|------------|--------|-----------------------------------|-----------------|----------------|----------------------------|-------------|
| | >40 | 40-20 | 20-10 | 1-60,25 | 0,25-0,1 | 0,1-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | <0,005 | $d_{50'}$, мм | D_o^{ck} , мм | $d_{c,r}$, мм | $\frac{D_o^{ck}}{d_{c,r}}$ | η_ϕ |
| 119 | - | 28,9 | 3,8 | 22,8 | 31,0 | 3,6 | 5,8 | 2,8 | 1,3 | | 9,0 | | 3,47 | |
| «Скелет» | | 88 | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,55 |
| «Заполнитель» | - | - | - | 34,0 | 46,0 | 5,3 | 8,6 | 4,2 | 1,9 | 0,23 | - | 0,25 | - | 11,8 |
| 36 | - | - | - | 16,6 | 51,8 | 9,6 | 10,0 | 7,5 | 4,5 | 0,16 | 0,028 | 0,19 | 0,15 | 21,0 |

II. Расчет состава гравийно-песчаной обсыпки.

| Номер скважины | Содержание фракций, %: диаметр, мм. | | | | | | Диаметр характерных частиц обсыпки, мм | | | | | | η_ϕ | m_ϕ |
|----------------|-------------------------------------|------|-----|-----|-----|------|--|-------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | 20-10 | 10-7 | 7-5 | 5-3 | 3-1 | <1,0 | D_{min} | D_0 | D_{17} | D_{30} | D_{50} | D_{60} | | |
| 119 | 20 | 17 | 17 | 19 | 23 | 4 | 1,4 | 1,61 | 2,00 | 3,2 | 4,6 | 6,44 | 4 | 0,35 |
| 36 | - | 25 | 18 | 22 | 29 | 6 | 0,92 | 1,13 | 1,3 | 2,24 | 3,20 | 4,42 | 4 | 0,35 |

Обозначения:

1- интегральная кривая грунта (заполнитель) водоносного пласта к примеру I;

2- то же грунта водоносного пласта, к примеру 2;

3- дифференциальная кривая грунта водоносного пласта к примеру I;

4- интегральная кривая грунта «скелета» к примеру I;

5- кривая расчетного состава гравийного фильтра к примеру I;

6- то же, к примеру 2.

I – зона подбора состава гравийных обсыпок для глинистых и тонкозернистых песков и II – то же для тонкозернистых и мелкозернистых песков

$$C_M = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 15 \div 20$$

III - то же для мелкозернистых и среднезернистых песков

$$C_M = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 20 - 25$$

IV - то же для среднезернистых, крупнозернистых и гравелистых песков

$$C_M = \frac{D_{50}}{d_{50}} = 25 - 35$$

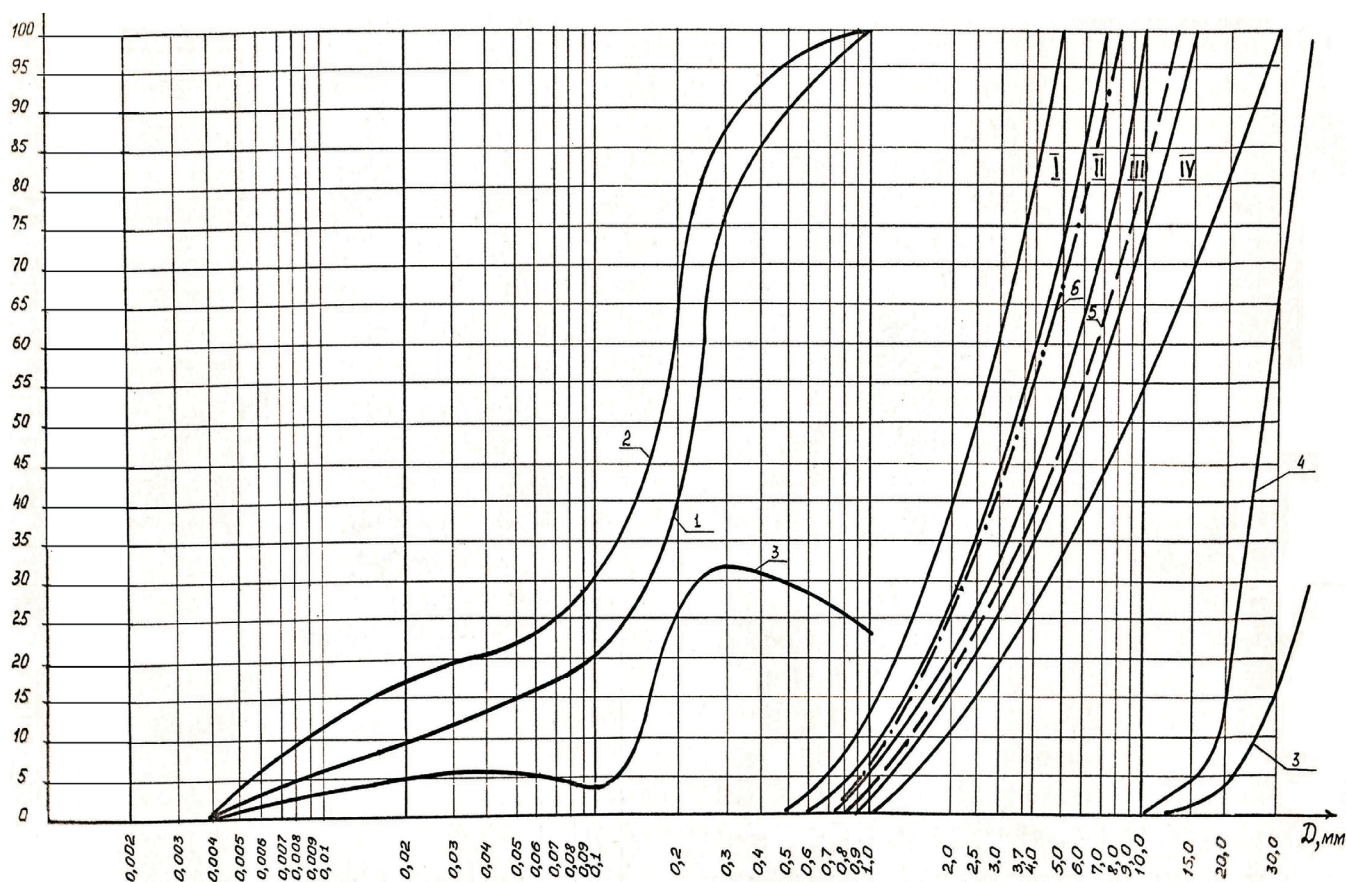


Рис. № 1 – Примеры расчета состава гравийных обсыпок для скважин вертикального дренажа.

Литература:

1. Доктор А.С. Чавла, доктор Х.Д. Шарма «Проектирование фильтровой части скважин». Ирригационный исследовательский институт в Руне, Уттар Прадеш, Индия 1975г.
2. Бй Ди Вингер, Вильям, Ф.Райан. «Гравийная обсыпка для конструкции дренажных труб». Американское общество сельскохозяйственных инженеров, 1976г.
3. В.Н. Кондратьев «Фильтрация и механическая суффозия в несвязанных грунтах». Крымиздат, Симферополь 1958., 76 с.
4. Инструкция по проектированию обратных фильтров гидротехнических сооружений. ВСН-02-65. Энергия, М.-Л. 1965г., с 97.
5. Фильтрация воды в пористых средах. Доклады 3-Международного симпозиума. Часть 2, с 27-35., Киев 1978г.

